



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 623 786 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 94103551.1

51 Int. Cl.⁵: F23R 3/20, F15D 1/00

22 Anmeldetag: 09.03.94

30 Priorität: 08.04.93 CH 1078/93

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.11.94 Patentblatt 94/45

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

71 Anmelder: ABB Management AG
Haselstrasse 16
CH-5401 Baden (CH)

72 Erfinder: Althaus, Rolf, Dr.
Kerbelring 24
CH-9230 Flawil (CH)
Erfinder: Beeck, Alexander, Dr.
Schlattstrasse 12
CH-5304 Endingen (CH)
Erfinder: Chyou, Yau-Pin, Dr.
5F No. 84,
Chung-Po South Road
Hsin-Yi District, Taipei 110 (TW)
Erfinder: Eroglu, Adnan
Irisweg 7
CH-5417 Untersiggenthal (CH)
Erfinder: Schulte-Werning, Burkhard, Dr.
Friedrichstrasse 9
CH-4055 Basel (CH)

54 Brennkammer.

57 Bei einer Brennkammer wird ein gasförmiger oder flüssiger Brennstoff als Sekundärströmung in eine gasförmige, kanalisierte Hauptströmung eingedüst. Die Hauptströmung wird über Wirbel-Generatoren (9) geführt, von denen über der Breite oder dem Umfang des durchströmten Kanals (20) mehrere nebeneinander angeordnet sind. Die Höhe (h) der Wirbel-Generatoren beträgt mindestens 50% der Höhe (H) des durchströmten Kanals oder des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils. Die Sekundärströmung wird im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren (9) in den Kanal (20) eingeleitet.

Mit dem neuen statischen Mischer werden im durchströmten Kanal Längswirbel ohne Rezirkulationsgebiet erzeugt. In der Brennkammer werden damit ausserordentlich kurze Mischstrecken bei gleichzeitig geringem Druckverlust erreicht.

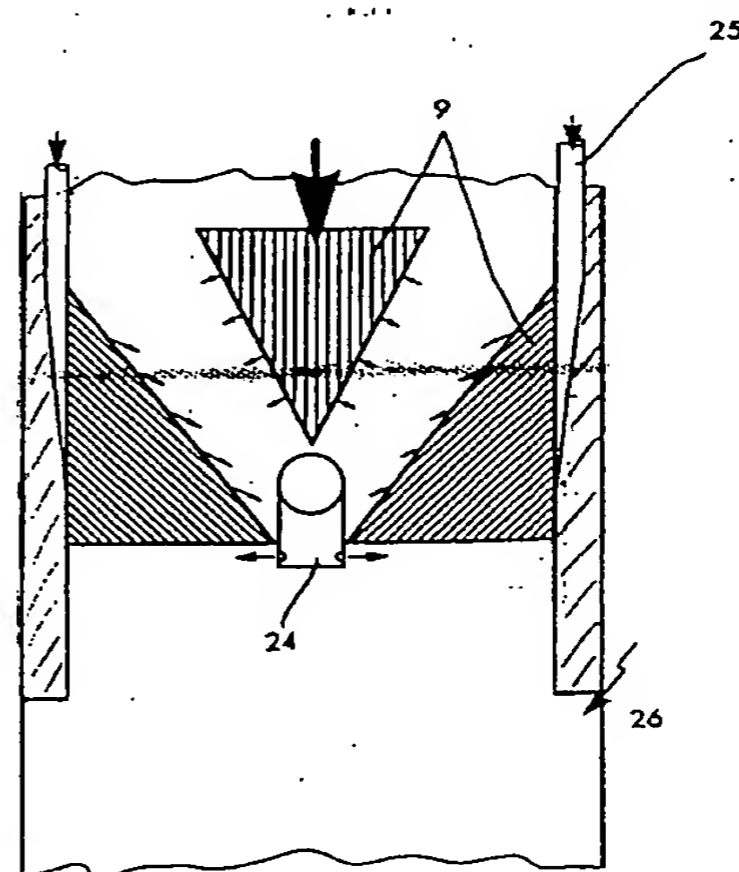


FIG. 15b

EP 0 623 786 A1

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Brennkammer, in welcher ein gasförmiger oder flüssiger Brennstoff als Sekundärströmung in eine gasförmige, kanalisierte Hauptströmung eingedüst wird, wobei die Sekundärströmung einen wesentlich kleineren Massenstrom aufweist als die Hauptströmung.

Stand der Technik

In Brennkammern können sich kalte Strahlen in der Hauptströmung befinden, die beispielsweise durch das Einleiten von Kühlluft in die Verbrennungsluft entstehen. Solche Strahlen können zu ungenügendem Ausbrand in der Verbrennungszone führen. Es sind deshalb Massnahmen zu treffen, Verbrennungsluft, Kühlluft und Brennstoff innig zu vermischen.

Als Wirbel-Generator im weitesten Sinn kann ein Deltaflügel angesehen werden, der in einer kanalisierten Strömung angestellt ist. Werden derartige Flügel von der Spitze her angeströmt, so entsteht einerseits stromabwärts des Flügels ein Totwassergebiet und andererseits erfährt die Strömung durch die angestellte Fläche einen nicht unbeträchtlichen Druckabfall. Das Anordnen eines solchen Deltaflügels in einem Kanal muss über strömungsbeeinträchtigende Hilfsmittel wie Streben, Rippen oder dergleichen erfolgen. Darüberhinaus ergeben sich beispielsweise in einer Heissgasströmung Probleme mit der Kühlung solcher Elemente.

Als Mischelemente von zwei oder mehreren Strömungen sind derartige Deltaflügel nicht brauchbar. Die Mischung einer Sekundärströmung mit einer in einem Kanal vorliegenden Hauptströmung geschieht in der Regel durch radiale Eindüsung der Sekundärströmung in den Kanal. Der Impuls der Sekundärströmung ist indes so gering, dass eine nahezu vollständige Durchmischung erst nach einer Strecke von ca. 100 Kanalhöhen erfolgt ist.

Darstellung der Erfindung

Die Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Brennkammer der eingangs genannten Art mit einer Vorrichtung auszustatten, mit der im durchströmten Kanal Längswirbel ohne Rezirkulationsgebiet erzeugt werden können.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die Hauptströmung über Wirbel-Generatoren geführt wird, von denen über der Breite oder dem Umfang des durchströmten Kanals mehrere nebeneinander angeordnet sind, vorzugsweise ohne Zwischenräume, und deren Höhe mindestens 50% der Höhe des durchströmten Kanals oder des dem

Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils beträgt, und dass die Sekundärströmung im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren in den Kanal eingeleitet wird.

Mit dem neuen statischen Mischer, den die 3-dimensionalen Wirbel-Generatoren darstellen, ist es möglich, in der Brennkammer ausserordentlich kurze Mischstrecken bei gleichzeitig geringem Druckverlust zu erzielen. Bereits nach einer vollen Wirbelumdrehung ist eine grobe Durchmischung der beiden Ströme vollzogen, während eine Feinmischung infolge von turbulenter Strömung und molekularer Diffusionsprozesse nach einer Strecke vorliegt, die einigen wenigen Kanalhöhen entspricht.

Ein Wirbel-Generator zeichnet sich dadurch aus,

- dass er drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche und die beiden andern die Seitenflächen bilden,
- dass die Seitenflächen mit einer gleichen Kanalwand bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel α einschliessen,
- dass die Dachfläche mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante an der gleichen Kanalwand anliegt wie die Seitenwände,
- und dass die längsgerichteten Kanten der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen unter einem Anstellwinkel θ zur Kanalwand verlaufen.

Der Vorteil eines solchen Elementes ist in seiner besonderen Einfachheit in jeder Hinsicht zu sehen. Fertigungstechnisch ist das aus drei umströmten Wänden bestehende Element völlig problemlos. Die Dachfläche kann mit den beiden Seitenflächen auf verschiedenste Arten zusammengefügt werden. Auch die Fixierung des Elementes an ebenen oder gekrümmten Kanalwänden kann im Falle von schweisssbaren Materialien durch einfache Schweissnähte erfolgen. Vom strömungstechnischen Standpunkt her weist das Element beim Umströmen einen sehr geringen Druckverlust auf und es erzeugt Wirbel ohne Totwassergebiet. Schliesslich kann das Element durch seinen in der Regel hohlen Innenraum auf die verschiedensten Arten und mit diversen Mitteln gekühlt werden.

Es ist angebracht, das Verhältnis Höhe h der Verbindungskante der beiden Seitenflächen zur Kanalhöhe H so zu wählen, dass das erzeugte Wirbelpaar unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators die volle Kanalhöhe oder die volle Höhe des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils ausfüllt.

Dadurch, dass über der Breite des durchströmten Kanals mehrere Wirbel-Generatoren ohne Zwi-

schenräume nebeneinander angeordnet sind, wird bereits kurz hinter den Wirbel-Generatoren der ganze Kanalquerschnitt von den Wirbeln voll beaufschlagt.

Es ist sinnvoll, wenn die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen symmetrisch um eine Symmetrieachse angeordnet sind. Damit werden drallgleiche Wirbel erzeugt.

Wenn die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen eine zumindest annähernd scharfe Verbindungskante miteinander bilden, die mit den Längskanten der Dachfläche zusammen eine Spitze bildet, wird der Durchströmquerschnitt kaum durch Sperrung beeinträchtigt.

Ist die scharfe Verbindungskante die austrittsseitige Kante des Wirbel-Generators und verläuft sie senkrecht zu jener Kanalwand, mit welcher die Seitenflächen bündig sind, so ist die dadurch erreichte Nichtbildung eines Nachlaufgebietes von Vorteil. Eine senkrechte Verbindungskante führt überdies zu ebenfalls senkrecht auf der Kanalwand stehenden Seitenflächen, was dem Wirbel-Generator die einfachst mögliche und fertigungstechnisch günstigste Form verleiht.

Wenn die Symmetrieachse parallel zur Kanalachse verläuft, und die Verbindungskante der beiden Seitenflächen die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators bildet, während demzufolge die quer zum durchströmten Kanal verlaufende Kante der Dachfläche die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante ist, so werden an einem Wirbel-Generator zwei gleiche gegenläufige Wirbel erzeugt. Es liegt ein drallneutrales Strömungsbild vor, bei welchem der Drehsinn der beiden Wirbel im Bereich der Verbindungskante aufsteigend ist.

Es ist für gewisse Anwendungen zweckmässig, wenn der Anstellwinkel θ der Dachfläche und/oder der Pfeilwinkel α der Seitenflächen so gewählt sind, dass noch im Bereich des Wirbel-Generators der von der Strömung erzeugte Wirbel aufplatzt. Mit der möglichen Variation der beiden Winkel hat man ein einfaches aerodynamisches Stabilisierungsmittel in der Hand, unabhängig von der Querschnittsform des durchströmten Kanals, welcher sowohl breit und niedrig als auch schmal und hoch sein kann, und mit ebenen oder gekrümmten Kanalwänden versehen sein kann.

Weitere Vorteile der Erfindung, insbesondere im Zusammenhang mit der Anordnung der Wirbel-Generatoren und der Einführung der Sekundärströmung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung

Fig. 2 eines Wirbel-Generators;
 eine Anordnungsvariante des Wirbel-Generators;
 Fig. 3a-c die gruppenweise Anordnung von Wirbel-Generatoren in einem Kanal im Längsschnitt, in einer Draufsicht und in einer Hinteransicht;
 Fig. 4a-c eine Ausführungsvariante einer gruppenweisen Anordnung von Wirbel-Generatoren in gleicher Darstellung wie Fig. 3 mit einer Variante der Sekundärströmungsführung;
 Fig. 5 eine zweite Variante der Sekundärströmungsführung;
 Fig. 6 eine dritte Variante der Sekundärströmungsführung;
 Fig. 7 die Ringbrennkammer einer Gasturbine mit eingebauten Wirbel-Generatoren;
 Fig. 8 einen teilweisen Längsschnitt durch eine Brennkammer nach Linie 8-8 in Fig. 7
 Fig. 9 eine zweite Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren;
 Fig. 10 eine dritte Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren;
 Fig. 11 eine vierte Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren;
 Fig. 12 eine fünfte Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren;
 Fig. 13 eine sechste Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren;
 Fig. 14 eine siebte Anordnungsvariante für die Wirbel-Generatoren in einer Draufsicht;
 Fig. 15a-c eine weitere Brennkammer im Längsschnitt, in einer Draufsicht und in einer Hinteransicht.
 Fig. 16 eine weitere Ausführungsvariante des Wirbel-Generators;
 Fig. 17 eine Anordnungsvariante des Wirbel-Generators nach Fig. 16.

Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet. In den verschiedenen Figuren sind die gleichen Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Erfindungsunwesentliche Elemente wie Gehäuse, Befestigungen, Leitungsdurchführungen und dergleichen sind fortgelassen.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Bevor auf die eigentliche Brennkammer eingegangen wird, wird zunächst der für die Wirkungsweise der Erfindung wesentliche Wirbel-Generator beschrieben.

In den Figuren 1, 5 und 6 ist der eigentliche Kanal, der von einer mit grossem Pfeil symbolisierten Hauptströmung durchströmt wird, nicht dargestellt. Gemäss diesen Figuren besteht ein Wirbel-Generator im wesentlichen aus drei frei umströmten dreieckigen Flächen. Es sind dies eine Dachfläche 10 und zwei Seitenflächen 11 und 13. In ihrer Längserstreckung verlaufen diese Flächen unter bestimmten Winkeln in Strömungsrichtung.

In sämtlichen gezeigten Beispielen stehen die beiden Seitenflächen 11 und 13 senkrecht auf der Kanalwand 21, wobei angemerkt wird, dass dies nicht zwingend ist. Die Seitenwände, welche aus rechtwinkligen Dreiecken bestehen, sind mit ihren Längsseiten auf dieser Kanalwand 21 fixiert, vorzugsweise gasdicht. Sie sind so orientiert, dass sie an ihren Schmalseiten einen Stoss bilden unter Einschluss eines Pfeilwinkels α . Der Stoss ist als scharfe Verbindungskante 16 ausgeführt und steht ebenfalls senkrecht zu jener Kanalwand 21, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. Die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen 11, 13 sind symmetrisch in Form, Grösse und Orientierung und sind beidseitig einer Symmetrieachse 17 angeordnet (Fig 3b, 4b). Diese Symmetrieachse 17 ist gleichgerichtet wie die Kanalachse.

Die Dachfläche 10 liegt mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden und sehr spitz ausgebildeten Kante 15 an der gleichen Kanalwand 21 an wie die Seitenwände 11, 13.

Ihre längsgerichteten Kanten 12, 14 sind bündig mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen. Die Dachfläche verläuft unter einem Anstellwinkel θ zur Kanalwand 21. Ihre Längskanten 12, 14 bilden zusammen mit der Verbindungskante 16 eine Spitze 18.

Selbstverständlich kann der Wirbel-Generator auch mit einer Bodenfläche versehen sein, mit welcher er auf geeignete Art an der Kanalwand 21 befestigt ist. Eine derartige Bodenfläche steht indes in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Elementes.

In Fig. 1 bildet die Verbindungskante 16 der beiden Seitenflächen 11, 13 die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators. Die quer zum durchströmten Kanal verlaufende Kante 15 der Dachfläche 10 ist somit die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante.

Die Wirkungsweise des Wirbel-Generators ist folgende: Beim Umströmen der Kanten 12 und 14 wird die Hauptströmung in ein Paar gegenläufiger Wirbel umgewandelt. Deren Wirbelachsen liegen in der Achse der Hauptströmung. Die Drallzahl und der Ort des Wirbelaufplatzens (vortex break down), sofern letzteres überhaupt gewünscht wird, werden bestimmt durch entsprechende Wahl des Anstellwinkels θ und des Pfeilwinkels α . Mit steigenden

Winkeln wird die Wirbelstärke bzw. die Drallzahl erhöht und der Ort des Wirbelaufplatzens wandert stromaufwärts bis hin in den Bereich des Wirbel-Generators selbst. Je nach Anwendung sind diese beiden Winkel θ und α durch konstruktive Gegebenheiten und durch den Prozess selbst vorgegeben. Angepasst werden müssen dann nur noch die Länge L des Elementes (Fig. 3b) sowie die Höhe h der Verbindungskante 16 (Fig. 3a).

In den Fig 3a und 4a, in welchen der durchströmte Kanal mit 20 bezeichnet ist, ist erkennbar, dass der Wirbel-Generator unterschiedliche Höhen gegenüber der Kanalhöhe H aufweisen kann. In der Regel wird man die Höhe h der Verbindungskante 16 so mit der Kanalhöhe H abstimmen, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators bereits eine solche Grösse erreicht, dass die volle Kanalhöhe H ausgefüllt wird, was zu einer gleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung in dem beaufschlagten Querschnitt führt. Ein weiteres Kriterium, welches Einfluss auf das zu wählende Verhältnis h/H nehmen kann, ist der Druckabfall, der beim Umströmen des Wirbel-Generators auftritt. Es versteht sich, dass mit grösserem Verhältnis h/H auch der Druckverlustbeiwert ansteigt.

Im Gegensatz zu Fig. 1 ist in Fig. 2 die scharfe Verbindungskante 16 jene Stelle, die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Das Element ist um 180° gedreht. Wie aus der Darstellung erkennbar, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert.

In Fig. 3 ist gezeigt, wie über der Breite des durchströmten Kanals 20 mehrere, hier 3 Wirbel-Generatoren ohne Zwischenräume nebeneinander angeordnet sind. Der Kanal 20 hat in diesem Fall Rechteckform, was jedoch erfindungsunwesentlich ist.

Eine Ausführungsvariante mit 2 vollen und beidseitig daran angrenzenden 2 halben Wirbel-Generatoren ist in Fig. 4 gezeigt. Bei gleicher Kanalhöhe H und gleichem Anstellwinkel θ der Dachfläche 10 wie in Fig. 3 unterscheiden sich die Elemente insbesondere durch ihre grössere Höhe h. Bei gleichbleibendem Anstellwinkel führt dies zwangsläufig zu einer grösseren Länge L des Elementes und demzufolge auch - wegen der gleichen Teilung - zu einem kleineren Pfeilwinkel α . Im Vergleich mit Fig. 3 werden die erzeugten Wirbel eine geringere Drallstärke aufweisen, jedoch innert kürzerem Intervall den Kanalquerschnitt voll ausfüllen. Falls in beiden Fällen ein Wirbelaufplatzen beabsichtigt ist, beispielsweise zum Stabilisieren der Strömung, wird dies beim Wirbel-Generator nach Fig. 4 später erfolgen als bei jenem nach Fig. 3.

Die in den Fig. 3 und 4 dargestellten Kanäle stellen rechteckige Brennkammern dar. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Form

des durchströmten Kanals für die Wirkungsweise der Erfindung nicht wesentlich ist. Statt des gezeigten Rechtecks könnte es sich beim Kanal auch um ein Ringsegment handeln, d.h. die Wände 21a und 21b wären gekrümmt. Die obige Aussage, dass die Seitenflächen senkrecht auf der Kanalwand stehen, muss in einem solchen Fall selbstverständlich relativiert werden. Massgebend ist, dass die auf der Symmetrielinie 17 liegende Verbindungskante 16 senkrecht auf der entsprechenden Wand steht. Im Fall von ringförmigen Wänden würde die Verbindungskante 16 somit radial ausgerichtet sein, wie dies in Fig. 7 dargestellt ist.

Die Figuren 7 und 8 zeigen vereinfacht eine Brennkammer mit ringförmig durchströmtem Kanal 20. An beiden Kanalwänden 21a und 21b ist jeweils eine gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren im Umfangsrichtung so aneinandergereiht, dass die Verbindungskanten 16 von zwei gegenüberliegenden Wirbel-Generatoren in der gleichen Radialen liegen. Werden gleiche Höhen h für gegenüberliegende Wirbel-Generatoren vorausgesetzt, so zeigt Fig. 7, dass die Wirbel-Generatoren am inneren Kanalring 21b eine kleinere Pfeilung α haben. Im Längsschnitt in Fig. 8 ist erkennbar, dass dies durch einen grösseren Anstellwinkel θ kompensiert werden könnte, wenn drallgleiche Wirbel im inneren und äusseren Ringquerschnitt erwünscht sind. Bei dieser Lösung werden, wie in Fig. 7 angedeutet, zwei Wirbelpaare mit jeweils kleineren Wirbeln erzeugt, was zu einer kürzeren Mischlänge führt. Der Brennstoff könnte bei dieser Ausführung nach den Methoden der später zu beschreibenden Fig. 5 oder 6 in die Hauptströmung eingeführt werden.

In den bereits beschriebenen Fig. 3 und 4 werden mit Hilfe der Wirbel-Generatoren 9 zwei Strömungen miteinander gemischt. Die Hauptströmung in Form von Brennluft - oder Brenngas, je nach Brennkammertyp - attackiert in Pfeilrichtung die quergerichteten Eintrittskanten 15. Die Sekundärströmung in Form eines beispielsweise flüssigen Brennstoffs weist einen wesentlich kleineren Massenstrom auf als die Hauptströmung. Sie wird im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren senkrecht in die Hauptströmung eingeleitet.

Gemäss Fig. 3 geschieht diese Eindüsung über Einzelbohrungen 22a, die in der Wand 21a angebracht sind. Bei der Wand 21a handelt es sich um jene Wandung, an der die Wirbel-Generatoren angeordnet sind. Die Bohrungen 22a befinden sich auf der Symmetrielinie 17 stromabwärts hinter der Verbindungskante 16 jedes Wirbel-Generators. Bei dieser Konfiguration wird der Brennstoff in die bereits bestehenden gross-skaligen Wirbel eingegeben.

Die Fig. 4 zeigt eine Ausführungsvariante einer Brennkammer, bei der die Sekundärströmung ebenfalls über Wandbohrungen 22b eingedüst

wird. Diese befinden sich stromabwärts der Wirbel-Generatoren in jener Wand 21b, an der die Wirbel-Generatoren nicht angeordnet sind, also an der der Wand 21a gegenüberliegenden Wand. Die Wandbohrungen 22b sind jeweils mittig zwischen den Verbindungskanten 16 zweier benachbarter Wirbel-Generatoren angebracht, wie aus Fig. 4 ersichtlich. Auf diese Weise gelangt der Brennstoff auf die gleiche Art in die Wirbel wie bei der Ausführung nach Fig. 3. Allerdings mit dem Unterschied, dass er nicht mehr in die Wirbel eines von einem gleichen Wirbel-Generator erzeugten Wirbelpaares eingemischt wird, sondern in je einen Wirbel zweier benachbarter Wirbel-Generatoren. Da die benachbarten Wirbel-Generatoren indes ohne Zwischenraum angeordnet sind und Wirbelpaare mit gleichen Drehsinn erzeugen, sind die Eindüsungen nach den Fig. 3 und 4 wirkungsgleich.

Die Figuren 5 und 6 zeigen weitere mögliche Formen der Einführung der Sekundärströmung in die Hauptströmung. Die Sekundärströmung wird hier über nicht gezeigte Mittel durch die Kanalwand 21 ins hohle Innere des Wirbel-Generators eingeleitet.

Gemäss Fig. 5 wird die Sekundärströmung über eine Wandbohrung 22e in die Hauptströmung eingedüst, wobei die Bohrung im Bereich der Spitze 18 des Wirbel-Generators angeordnet ist.

In Fig. 6 geschieht die Eindüsung über Wandbohrungen 22d, die sich in den Seitenflächen 11 und 13 einerseits im Bereich der Längskanten 12 und 14 und andererseits im Bereich der Verbindungskante 16 befinden.

In den Figuren 9 bis 14 sind schliesslich unterschiedliche Einbaumöglichkeiten der Wirbel-Generatoren gezeigt.

Die Teilansicht in Fig. 9 zeigt wie Fig. 7 einen ringförmigen Kanal 20, bei dem sowohl an der äusseren Ringwand 21a als auch an der inneren Ringwand 21b eine gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren 9 im Umfangsrichtung aneinandergereiht sind. In Abweichung zu Fig. 7 sind hier jedoch die Verbindungskanten 16 von je zwei gegenüberliegenden Wirbel-Generatoren um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt sind. Diese Anordnung bietet die Möglichkeit, die Höhe h des einzelnen Elementes zu vergrössern. Stromabwärts der Wirbel-Generatoren werden die erzeugten Wirbel miteinander kombiniert, was zum einen die Mischqualität noch verbessert und zum anderen zu einer grösseren Lebensdauer des Wirbels führt.

In der Teilansicht nach Fig. 10 ist der Ringkanal mittels radial verlaufender Rippen 23 segmentiert. In den derart gebildeten Kreisringsegmenten ist je ein Wirbel-Generator 9 an den Rippen 23 angeordnet. Im gezeigten Fall sind die beiden Wirbel-Generatoren so ausgelegt, dass sie die ganze Kanalhöhe ausfüllen. Diese Lösung vereinfacht die

Brennstoffzufuhr, welche durch die hohl gestalteten Rippen vorgenommen werden kann. Eine Beeinträchtigung der Strömung durch zentral angeordnete Brennstofflanzen entfällt damit.

In der Teilansicht nach Fig. 11 sind zusätzlich zu den seitlichen Wirbel-Generatoren wie bei Fig. 10 auch noch Wirbelerzeuger an den Ringwänden 21a und 21b angebracht. Die Verbindungskanten der seitlichen Elemente verlaufen auf halber Kanalhöhe, jene der oberen und unteren in einer Radialen auf halber Segmentbreite. Von der Wirkungsweise her ist dies eine sehr gute Lösung. Im Gegensatz zur Variante nach Fig. 10 können hier die Elemente die ganze Kanalhöhe nicht ausfüllen. Es ist deshalb nicht zu verkennen, dass die gegebenenfalls erforderliche Kühlung konstruktiv aufwendig ist, da für die seitlichen Elemente eine Kühlluftzufuhr aus den Ringwänden nicht ohne weiteres möglich ist.

Um dem abzuweichen, sind in Abweichung zu Fig. 11 die Wirbel-Generatoren 9 in Fig. 12 an den radialen Rippen 23 und an den Ringwänden 21a, 21b aussermittig angeordnet. Dabei liegt jeweils eine Seitenfläche jedes Wirbel-Generators an einer Ecke des Kreisringsegmentes an, von wo aus auch die seitlichen Wirbel-Generatoren mit Kühlluft einerseits aus der radial äusseren Ringwand 21a, andererseits aus der inneren Ringwand 21b versorgt werden können.

Ebenfalls hinsichtlich einer einfachen Kühlmöglichkeit sind einer noch anderen Ausführung gemäss Fig. 13 sind in jedem Segment des Kreisringkanals die Wirbel-Generatoren 9 direkt in den Segmentecken angeordnet.

In der Draufsicht nach Fig. 14 ist die Möglichkeit erkennbar, die Wirbel-Generatoren nicht in einer gleichen Ebene unterzubringen. Von den an einer Kanalwand mit ihren Seitenwänden aneinandergereihten Wirbel-Generatoren sind je zwei benachbarte Elemente in Längsrichtung des Kanals gegeneinander versetzt sind. Bei dieser Variante findet eine Wirbelüberlappung in Umfangsrichtung statt. Es handelt sich um eine Massnahme, die zur Optimierung der Kombination von Wirbelpaaren geeignet ist. Für die hintereinandergeschalteten Wirbel-Generatoren können unterschiedliche Geometrien gewählt werden. Die Anordnung in verschiedenen Ebenen des Kanals wirkt sich überdies günstig aus gegen das Anfachen von akustischen Schwingungen.

In den Fig. 15a-c ist in einer gemischten Anordnung der zu den Fig. 6, 11 und 14 behandelten Varianten eine zusätzliche zentrale Einführung der Sekundärströmung gezeigt. Der Brennstoff, in der Regel Öl wird über eine zentrale Brennstofflanze 24 eingedüst, deren Mündung sich stromabwärts der Wirbel-Generatoren 9 im Bereich deren Spitze 18 befinden. Beim rechteckigen Kanal, der selbst-

verständlich genau so gut ein Kreisringsegment sein könnte, sind einerseits Wirbel-Generatoren unterschiedlicher Geometrie verwendet. Desweiteren sind die in "Umfangsrichtung" aufeinanderfolgenden Wirbel-Generatoren leicht gegeneinander versetzt. Dies, um beispielsweise den erforderlichen Platz für die Lanze zu schaffen. Schliesslich geschieht die teilweise Eindüsung der Sekundärströmung über Wandbohrungen in den Seitenflächen der Wirbel-Generatoren, wie dies durch Pfeile angedeutet ist. Die Gaszufuhr geschieht über längs der Wandung verlaufende Gasleitungen 25. Mit der gezeigten Konfiguration wurde sich eine solche Brennkammer gut für den Dual-Betrieb mit Vormischverbrennung eignen. Bei einem Druckabfallkoeffizienten von 3 wird eine gute Durchmischung bereits nach ca. 3 Kanalhöhen erreicht. Die Zündung 26 des Gemischs erfolgt an der Stelle, an der der Wirbel aufplatzt (vortex break down). Zur zusätzlichen Flammenstabilisierung ist in der Ebene hinter der Mischzone, an der die Zündung erfolgt, ein Diffusor 27 angeordnet. Die infolge der Mischelemente erzielte gute Temperaturverteilung stromabwärts der Wirbel-Generatoren vermeidet die Gefahr von Rückzündungen, die ohne die Massnahme bei dem eingangs erwähnten Einleiten von Kühlluft in die Verbrennungsluft möglich sind.

Bei der soeben geschilderten Brennkammer könnte es sich desweiteren um eine selbstzündende Nachbrennkammer stromabwärts einer Hochtemperatur-Gasturbine handeln. Der hohe Energieinhalt deren Abgase ermöglicht die Selbstzündung. Voraussetzung für eine Optimierung des Verbrennungsprozesses, insbesondere hinsichtlich einer Minimierung der Emissionen, ist ein effektives, schnelles Mischen der Heissgasströmung mit dem eingedüsten Brennstoff.

Wird eine Wirbel-Generator-Konfiguration gemäss Fig. 15a-c mit zentraler Eindüsung des Brennstoffs über eine Lanze zugrundegelegt, so werden die Wirbel-Generatoren so ausgelegt, dass Rezirkulationszonen grösstenteils vermieden werden. Dadurch ist die Verweilzeit der Brennstoffpartikel in den heissen Zonen sehr kurz, was sich günstig auf minimale Bildung von NO_x auswirkt. Der eingedüste Brennstoff wird von den Wirbeln mitgeschleppt und mit der Hauptströmung vermischt. Er folgt dem schraubenförmigen Verlauf der Wirbel und wird stromabwärts der Wirbel in der Kammer gleichmässig feinverteilt. Dadurch reduziert sich die - bei der eingangs erwähnten radialen Eindüsung von Brennstoff in eine unverwirbelte Strömung - Gefahr von Aufprallstrahlen an der gegenüberliegenden Wand und die Bildung von sogenannten "hot spots".

Da der hauptsächliche Mischprozess in den Wirbeln erfolgt und weitgehend unempfindlich gegen den Eindüsungsimpuls der Sekundärströmung

ist, kann die Brennstoffeinspritzung flexibel gehalten werden und an andere Grenzbedingungen angepasst werden. So kann im ganzen Lastbereich der gleiche Eindüsungsimpuls beibehalten werden. Da das Mischen durch die Geometrie der Wirbel-Generatoren bestimmt wird, und nicht durch die Maschinenlast, im Beispielsfall die Gasturbinenleistung, arbeitet der so konfigurierte Nachbrenner auch bei Teillastbedingungen optimal. Der Verbrennungsprozess wird durch Anpassen der Zündverzugszeit des Brennstoffs und Mischzeit der Wirbel optimiert, was eine Minimierung der Emissionen gewährleistet.

Desweiteren bewirkt das wirkungsvolle Vermischen ein gutes Temperaturprofil über dem durchströmten Querschnitt und reduziert überdies die Möglichkeit des Auftretens von thermoakustischer Instabilität. Allein durch ihre Anwesenheit wirken die Wirbel-Generatoren als Dämpfungsmassnahme gegen thermoakustische Schwingungen.

Die Figuren 16 und 17 zeigen in einer Draufsicht eine Ausführungsvariante des Wirbel-Generators und in einer Vorderansicht seine Anordnung in einem kreisförmigen Kanal. Die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen 11 und 13 weisen eine unterschiedliche Länge auf. Dies bedeutet, dass die Dachfläche 10 mit einer schräg zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante 15a an der gleichen Kanalwand anliegt wie die Seitenwände. Über seiner Breite weist der Wirbel-Generator dann selbstverständlich einen unterschiedlichen Anstellwinkel θ auf. Eine derartige Variante hat die Wirkung, dass Wirbel mit unterschiedlicher Stärke erzeugt werden. Beispielsweise kann damit auf einen der Hauptströmung anhaftenden Drall eingewirkt werden. Oder aber durch die unterschiedlichen Wirbel wird der ursprünglich drallfreien Hauptströmung stromabwärts der Wirbel-Generatoren ein Drall aufgezwungen, wie dies in Fig. 17 angedeutet ist. Eine derartige Konfiguration eignet sich gut als eigenständige, kompakte Brenneinheit. Bei der Verwendung von mehreren solcher Einheiten, beispielsweise in einer Gasturbinen-Ringbrennkammer, kann der der Hauptströmung aufgezwungene Drall ausgenutzt werden, um das Querzündverhalten der Brennerkonfiguration, z.B. bei Teillast, zu verbessern.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen und gezeigten Beispiele beschränkt. Bezüglich der Anordnung der Wirbel-Generatoren im Verbund sind viele Kombinationen möglich, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Auch die Einführung der Sekundärströmung in die Hauptströmung kann auf vielfältige Weise vorgenommen werden.

Bezugszeichenlist

| | | |
|----|-------------|--------------------------------|
| | 9 | Wirbel-Generator |
| | 10 | Dachfläche |
| 5 | 11 | Seitenfläche |
| | 12 | Längskante |
| | 13 | Seitenfläche |
| | 14 | Längskante |
| | 15 | quer verlaufenden Kante von 10 |
| 10 | 16 | Verbindungskante |
| | 17 | Symmetrielinie |
| | 18 | Spitze |
| | 20, a | Kanal |
| | 21, a,b | Kanalwand |
| 15 | 22, a,b,c,d | Wandbohrung |
| | 23 | Rippe |
| | 24 | Brennstofflanze |
| | 25 | Gasleitung |
| | 26 | Fremdzündung |
| 20 | 27 | Diffusor |
| | θ | Anstellwinkel |
| | α | Pfeilwinkel |
| | h | Höhe von 16 |
| | H | Kanalhöhe |
| 25 | L | Länge des Wirbel-Generators |

Patentansprüche

1. Brennkammer, in welcher ein gasförmiger oder flüssiger Brennstoff als Sekundärströmung in eine gasförmige, kanalisierte Hauptströmung eingedüst wird, wobei die Sekundärströmung einen wesentlich kleineren Massenstrom aufweist als die Hauptströmung, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptströmung über Wirbel-Generatoren (9) geführt wird, von denen über der Breite oder dem Umfang des durchströmten Kanals (20) mehrere nebeneinander angeordnet sind, vorzugsweise ohne Zwischenräume, und deren Höhe (h) mindestens 50% der Höhe (H) des durchströmten Kanals oder des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils beträgt, und dass die Sekundärströmung im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren (9) in den Kanal (20) eingeleitet wird.
2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - dass ein Wirbel-Generator (9) drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche (10) und die beiden anderen die Seitenflächen (11, 13) bilden,
 - dass die Seitenflächen (11, 13) mit einer gleichen Kanalwand (21) bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel (α) ein-

- schliessen,
- dass die Dachfläche (10) mit einer quer zum durchströmten Kanal (20) verlaufenden Kante (15) an der gleichen Kanalwand (21) anliegt wie die Seitenwände, 5
 - und dass die längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen (11, 13) unter einem Anstellwinkel (Θ) zur Kanalwand (21) verlaufen. 10
3. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis Höhe (h) des Wirbel-Generators zur Kanalhöhe (H) so gewählt ist, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators (9) die volle Kanalhöhe ausfüllt. 15
 4. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) des Wirbel-Generators (9) symmetrisch um eine Symmetrieachse (17) angeordnet sind. 20
 5. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) des Wirbel-Generators (9) eine unterschiedliche Länge aufweisen, so dass die Dachfläche (10) mit einer schräg zum durchströmten Kanal (20) verlaufenden Kante (15) an der gleichen Kanalwand (21) anliegt wie die Seitenwände und über der Breite des Wirbel-Generators (9) einen unterschiedlichen Anstellwinkel (Θ) aufweist. (Fig. 16, 17) 25
 6. Brennkammer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) eine Verbindungskante (16) miteinander umfassen, welche zusammen mit den längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche (10) eine Spitze (18) bilden, und dass die Verbindungskante vorzugsweise senkrecht zu jener Kanalwand (21) verläuft, mit welcher die Seitenflächen (11, 13) bündig sind. 30
 7. Brennkammer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungskante (16) und/oder die längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche (10) zumindest annähernd scharf ausgebildet sind. 35
 8. Brennkammer nach Anspruch 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Symmetrieachse (17) des Wirbel-Generators (9) parallel zur Kanalachse verläuft, wobei die Verbin-

dungskante (16) der beiden Seitenflächen (11, 13) die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators (9) bildet und wobei die quer zum durchströmten Kanal (20) verlaufende Kante (15) der Dachfläche (10) die von der Hauptströmung zuerst beaufschlagte Kante ist.

9. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Anstellwinkel (Θ) der Dachfläche (10) und/oder der Pfeilwinkel (α) der Seitenflächen (11, 13) so gewählt sind, dass noch im Bereich des Wirbel-Generators (9) der von der Strömung erzeugte Wirbel aufplatzt. 40
10. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal ringförmig ist, dass die Kanalwand, an der eine Mehrzahl von Wirbel-Generatoren (9) in Umfangsrichtung aneinandergereiht sind, die innere oder äussere Ringwand (21a, 21b) ist, und dass die Sekundärströmung über Wandbohrungen (22a) eingedüst wird, von denen sich je eine in der Symmetrielinie (17) stromabwärts unmittelbar hinter der Verbindungskante (16) in der gleichen Ringwand (21a, 21b) befindet, an der die Wirbel-Generatoren (9) angeordnet sind. (Fig. 3) 45
11. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (20) ringförmig ist, dass die Kanalwand, an der eine Mehrzahl von Wirbel-Generatoren im Umfangsrichtung aneinandergereiht sind, die innere und/oder äussere Ringwand (21a, 21b) ist, und dass die Sekundärströmung über Wandbohrungen (22b) eingedüst wird, die stromabwärts der Wirbel-Generatoren in jener Ringwand (21b, 21a) angeordnet sind, an der die Wirbel-Generatoren (9) nicht angeordnet sind, wobei die Wandbohrungen (22b) jeweils mittig zwischen den Verbindungskanten (16) zweier benachbarter Wirbel-Generatoren angebracht sind. (Fig. 4) 50
12. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (20) ringförmig ist, und dass sowohl an der äusseren Ringwand (21a) als auch an der inneren Ringwand (21b) eine gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren (9) im Umfangsrichtung aneinandergereiht sind, wobei die Verbindungskanten (16) von je zwei gegenüberliegenden Wirbel-Generatoren (9) auf der gleichen Radialen liegen. (Fig. 7) 55
13. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (20) ringförmig ist, und dass sowohl an der äusseren Ring-

- wand (21a) als auch an der inneren Ringwand (21b) eine gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren (9) im Umfangsrichtung aneinandergereiht sind, wobei die Verbindungskanten (16) von je zwei gegenüberliegenden Wirbel-Generatoren (9) um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt sind. (Fig. 9)
14. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (20) zumindest in der Ebene, in der sich die Wirbel-Generatoren (9) befinden, ein mittels radialen Rippen (23) segmentierter Kreisringkanal ist, wobei in einem Kreisringsegment je ein Wirbel-Generator (9) an den radialen Rippen (23) und/oder an den Ringwänden (21a, 21b) angeordnet ist. (Fig. 10, 11)
15. Brennkammer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirbel-Generatoren (9) an den radialen Rippen (23) und an den Ringwänden (21a, 21b) mittig angeordnet sind. (Fig. 11)
16. Brennkammer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirbel-Generatoren (9) an den radialen Rippen (23) und an den Ringwänden (21a, 21b) aussermittig angeordnet sind, wobei jeweils eine Seitenfläche (11, 13) jedes Wirbel-Generators (9) an einer Ecke des Kreisringsegmentes anliegt. (Fig. 12)
17. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (20) zumindest in der Ebene, in der sich die Wirbel-Generatoren (9) befinden, ein mittels radialen Rippen (23) segmentierter Kreisringkanal ist, wobei in einem Kreisringsegment je ein Wirbel-Generator (9) in den Ecken angeordnet ist. (Fig. 13)
18. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass von den an einer Kanalwand mit ihren Seitenwänden aneinandergereihten Wirbel-Generatoren (9) je zwei benachbarte Wirbel-Generatoren (9) in Längsrichtung des Kanals (20) gegeneinander versetzt sind. (Fig. 14)
19. Brennkammer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärströmung über Wandbohrungen (22c, 22d) eingedüst wird, die sich in den Seitenwänden (11, 13) des Wirbel-Generators (9) im Bereich der längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche und/oder der Verbindungskante (16) befinden. (Fig. 6)
20. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärströmung über Wandbohrungen (22e) eingedüst wird, die sich im Bereich der Spitze (18) des Wirbel-Generators (9) befinden. (Fig. 5)
21. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärströmung über Brennstoffflanzen (24) eingedüst wird, deren Mündungen sich stromabwärts des Wirbel-Generators (9) im Bereich dessen Spitze (18) befinden. (Fig. 15)
22. Brennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine Brennkammer mit Vormischverbrennung handelt, wobei zur Flammenstabilisierung stromabwärts der Wirbel-Generatoren (9) in der Ebene, an der die Fremdzündung (26) erfolgt, ein Diffusor (27) angeordnet ist. (Fig. 15)
23. Verwendung einer Brennkammer nach Anspruch 3 als selbstzündende Nachbrennkammer.

FIG. 1

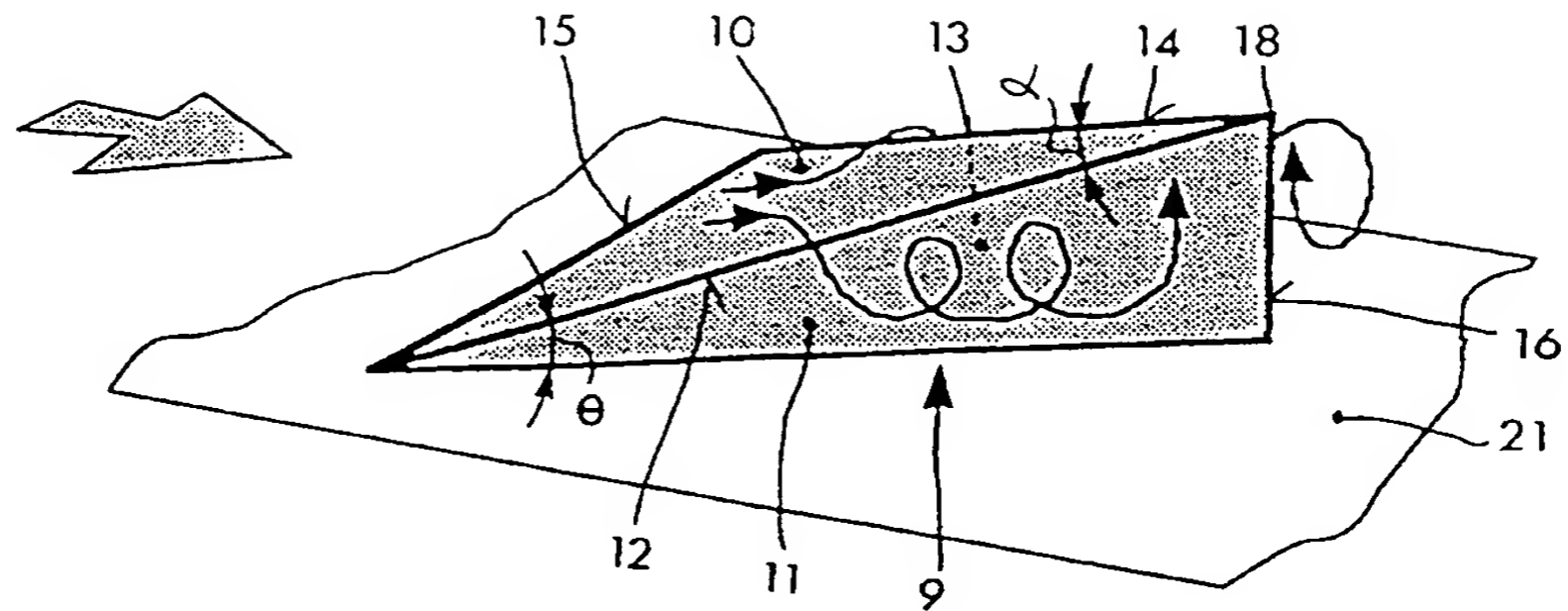


FIG. 2

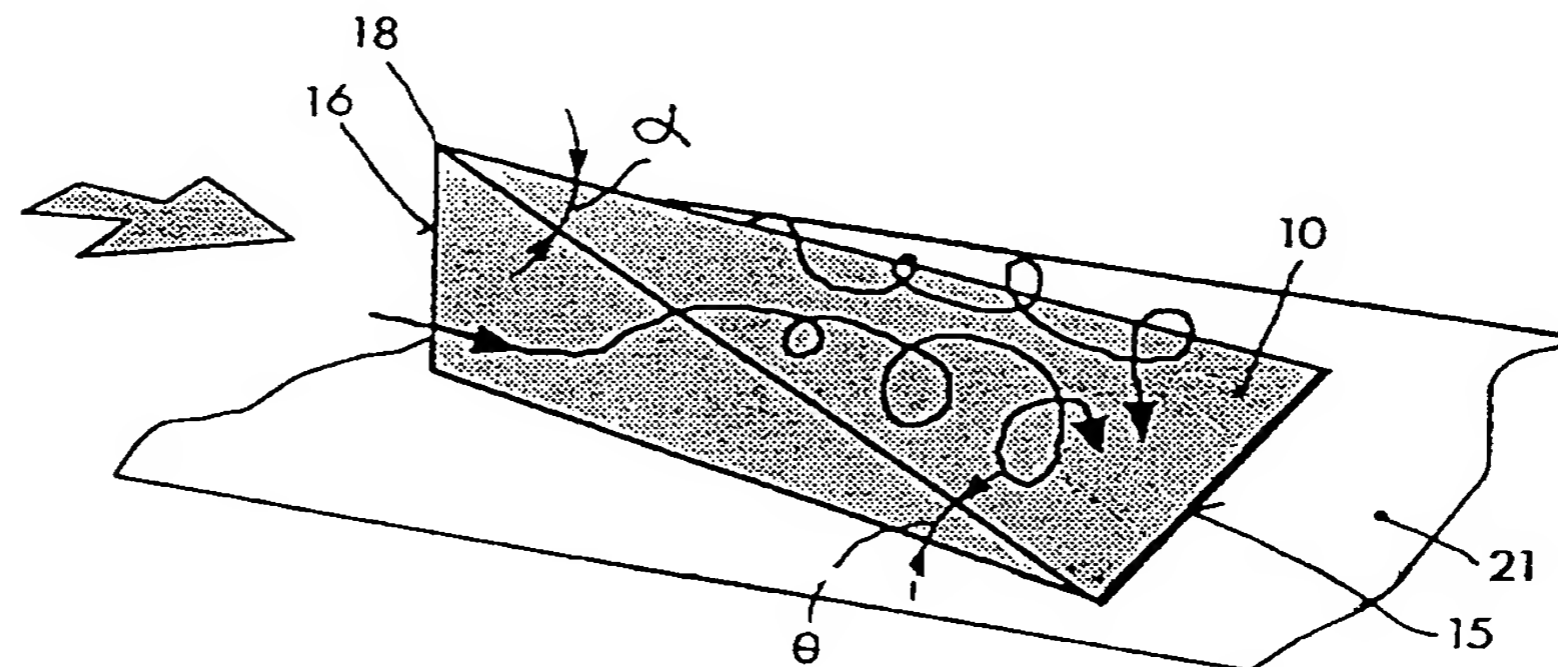


FIG. 5

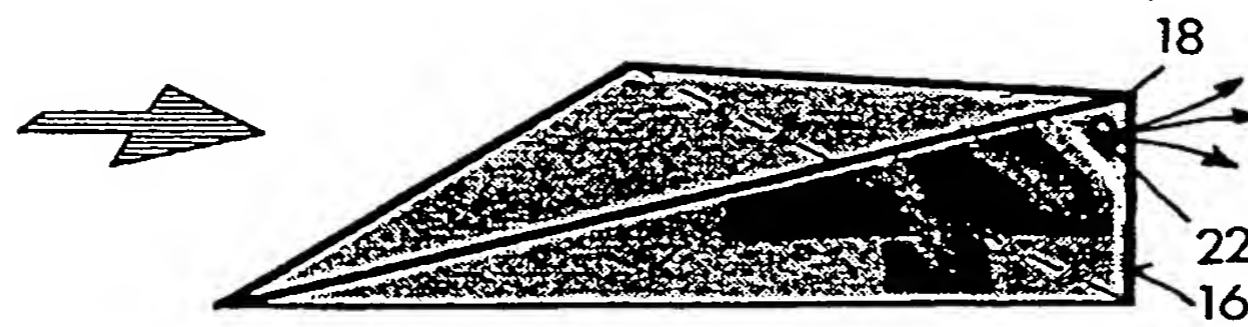


FIG. 6

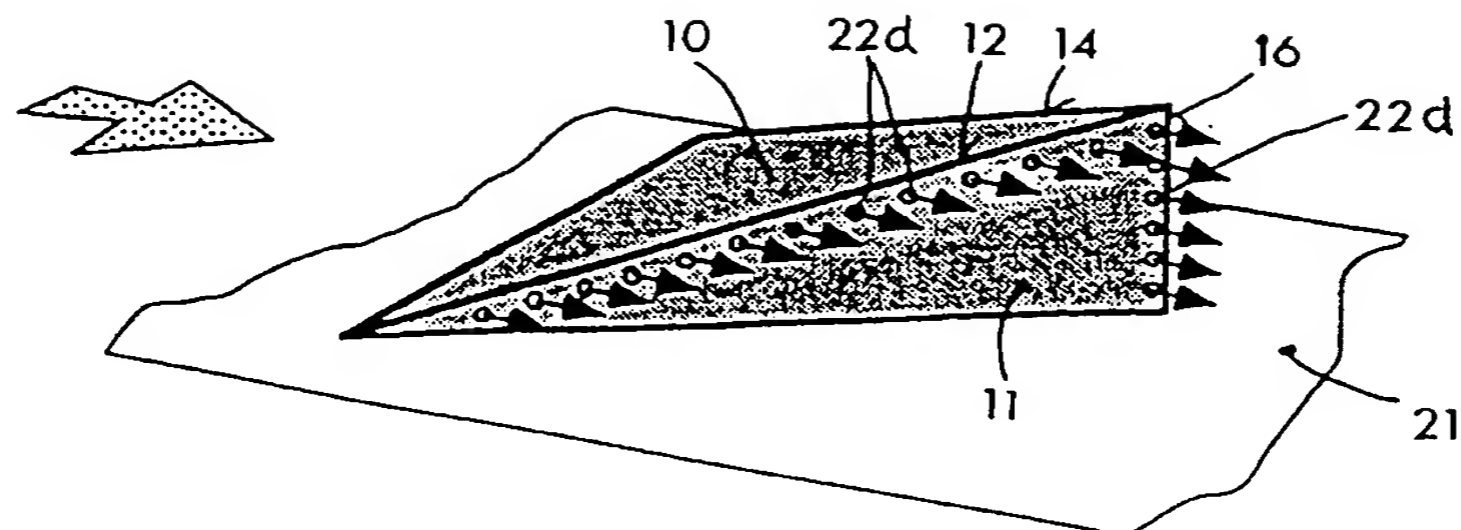


FIG. 3a

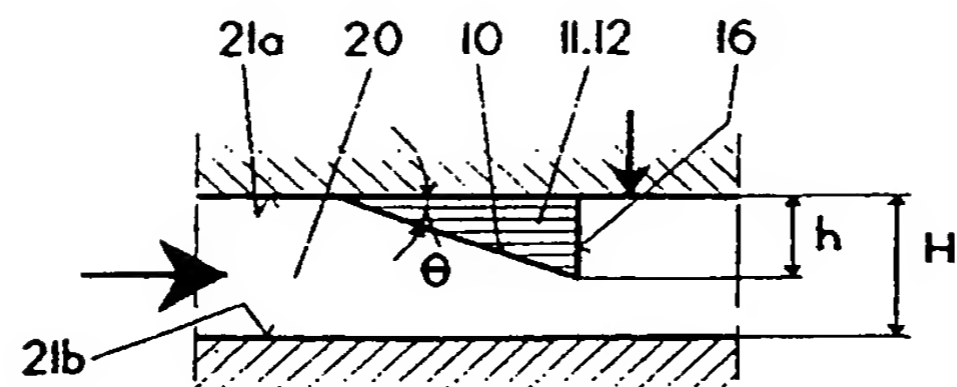


FIG. 3.b

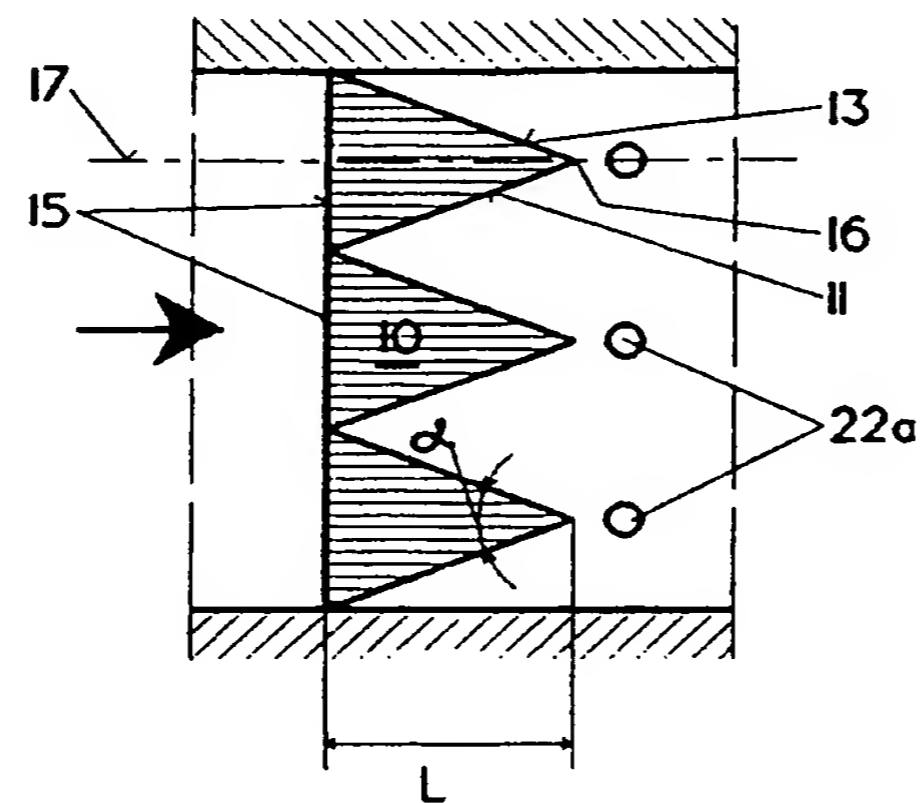


FIG. 3c

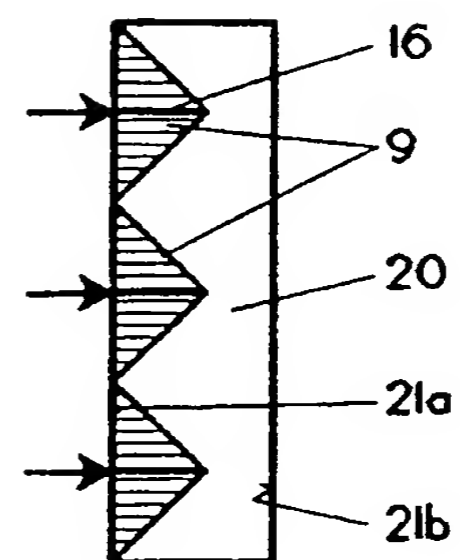


FIG. 4a

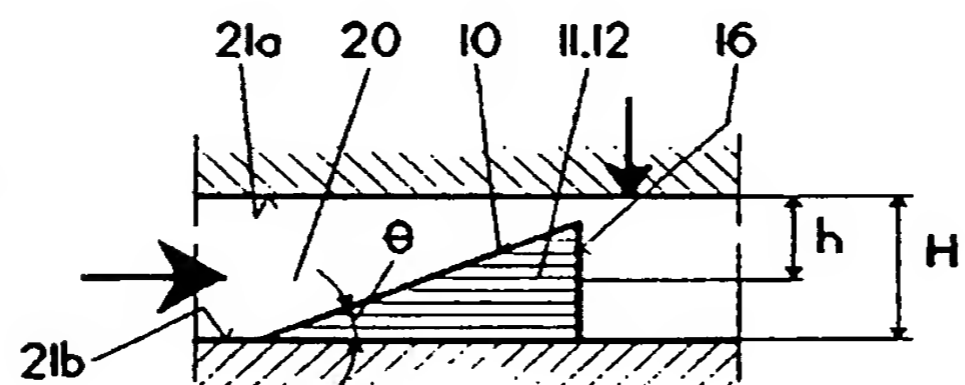


FIG. 4b

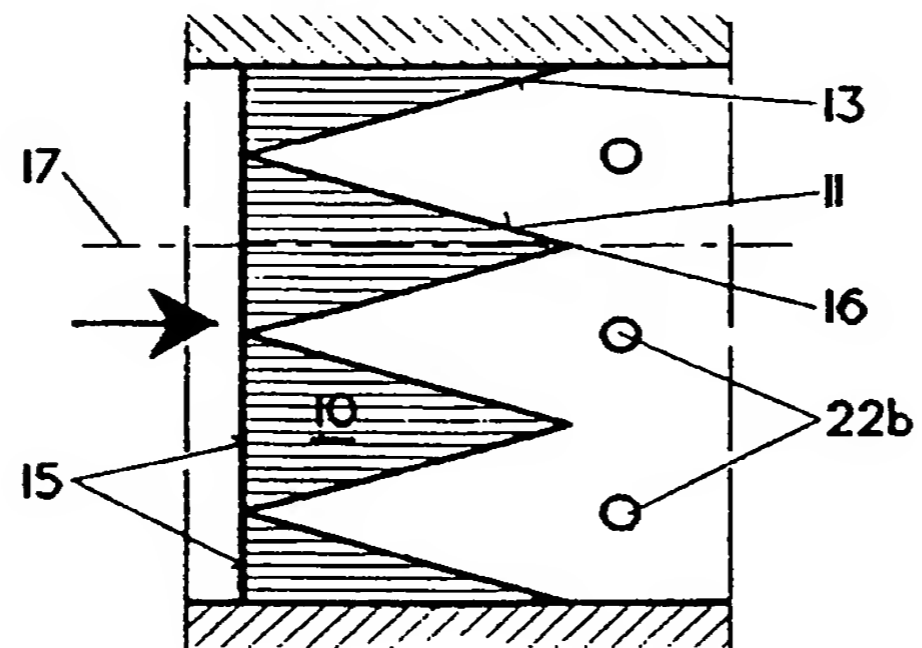
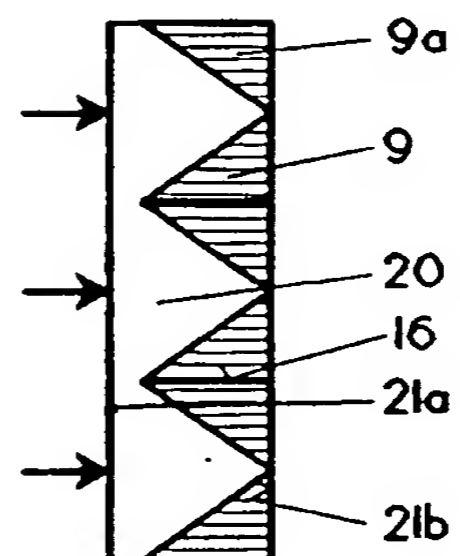


FIG. 4c



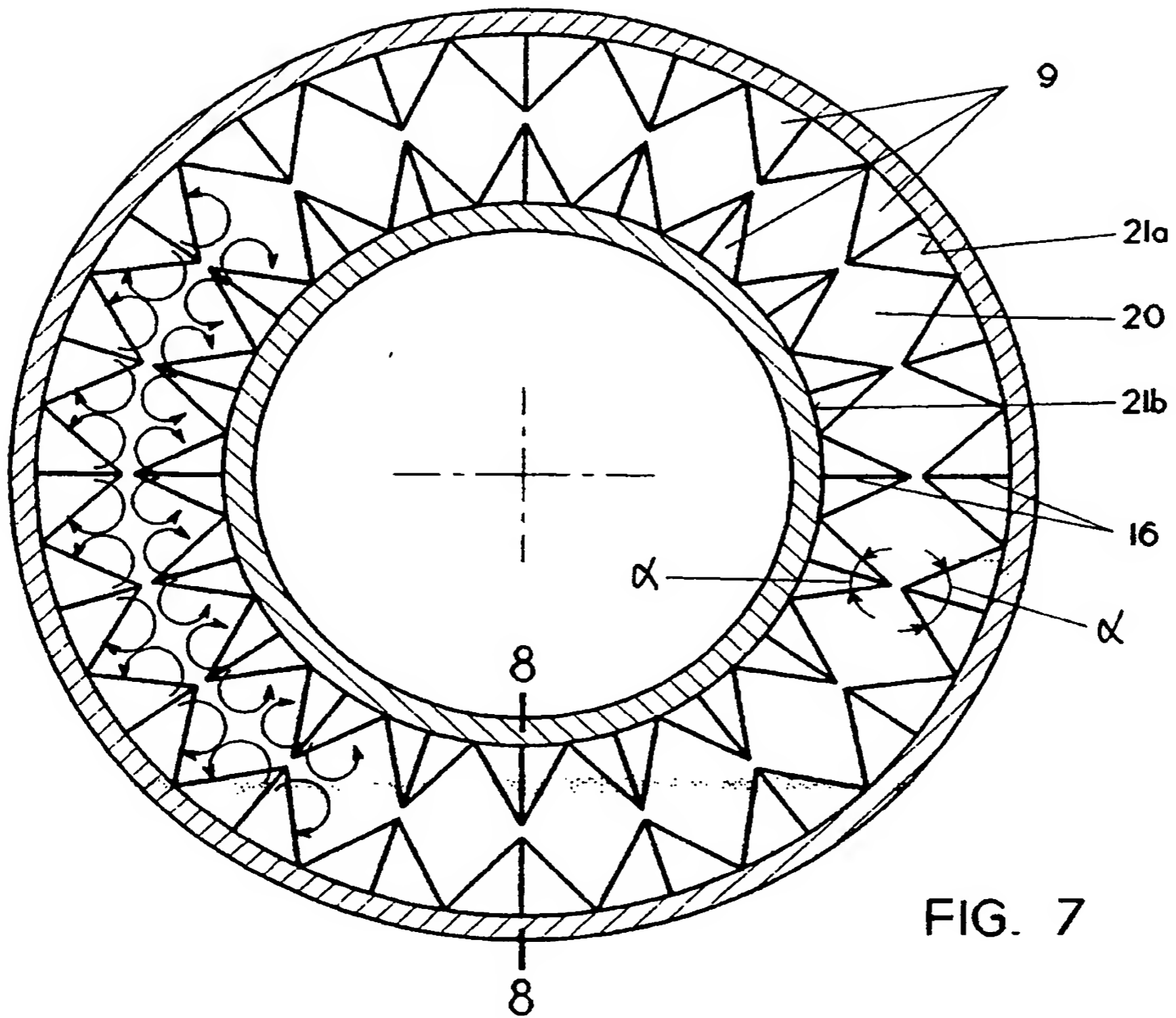


FIG. 7

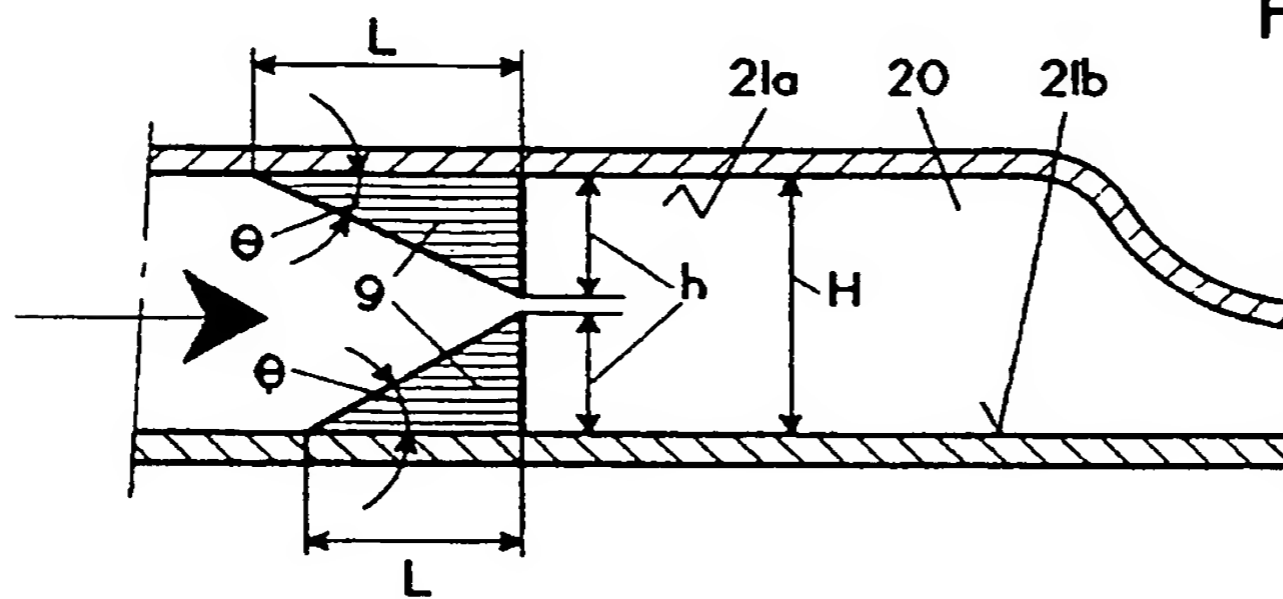


FIG. 8

FIG. 9

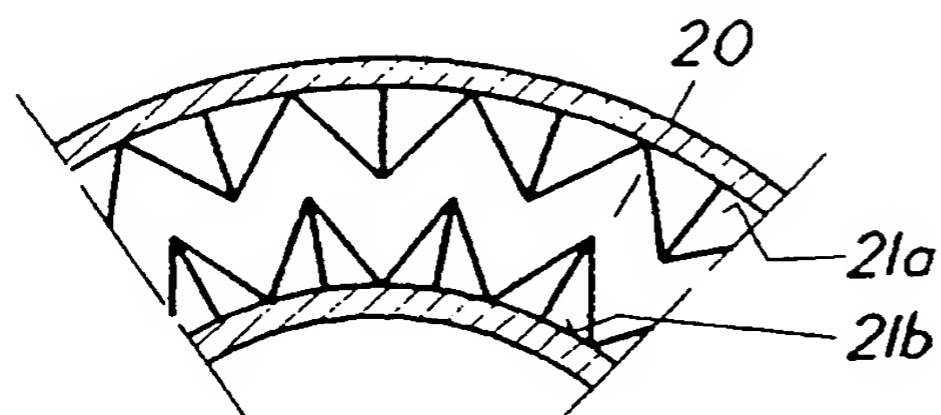


FIG. 10

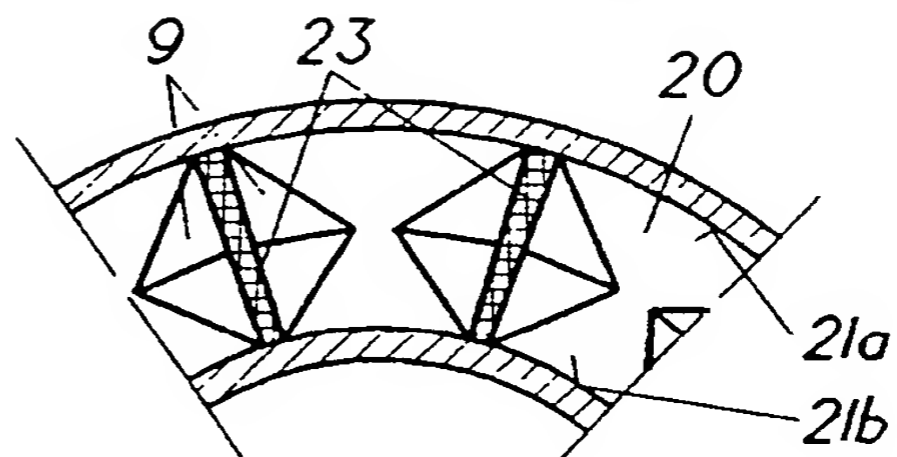


FIG. 11

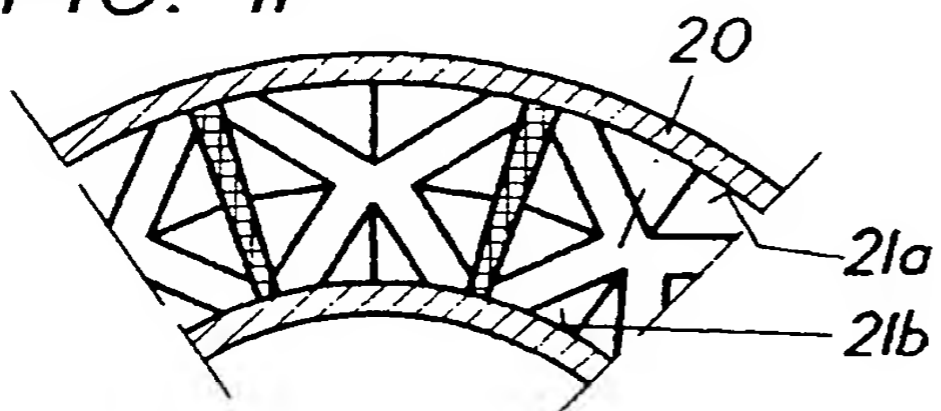


FIG. 12

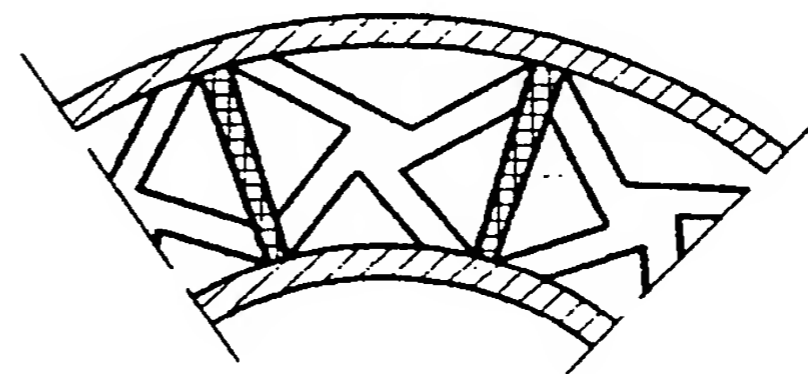


FIG. 13

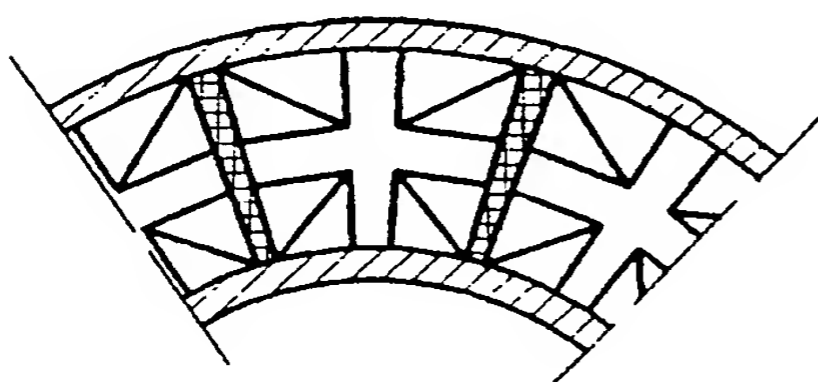


FIG. 14

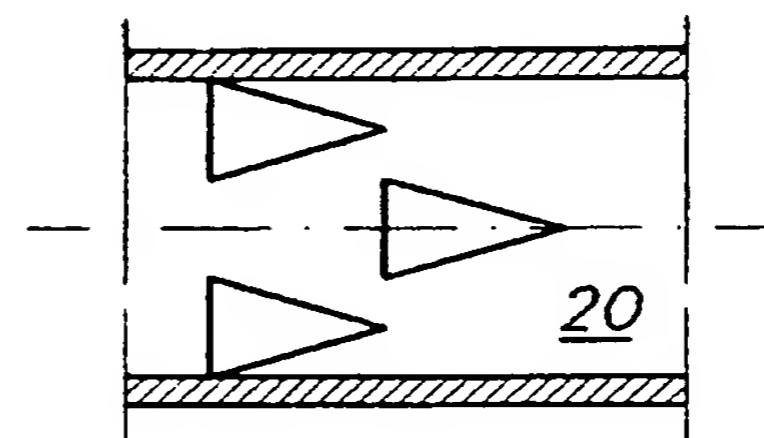


FIG. 16

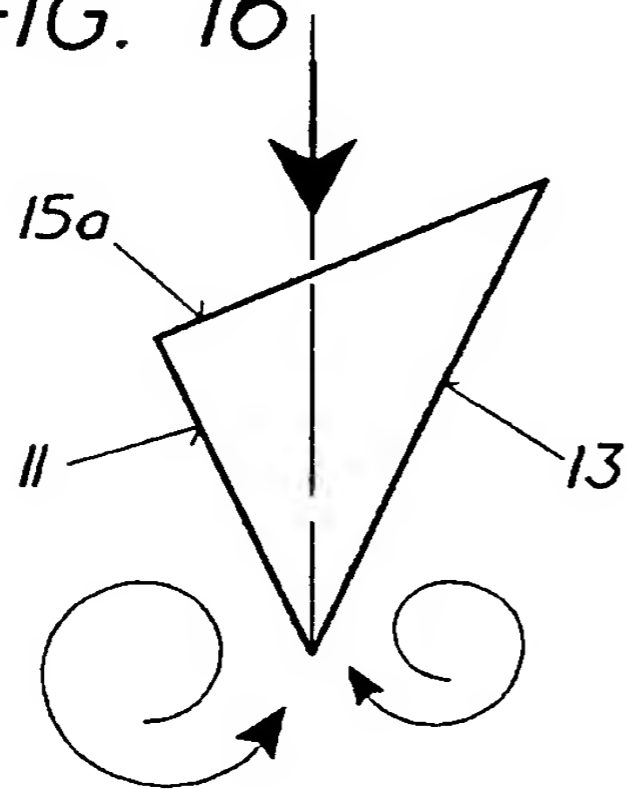


FIG. 17

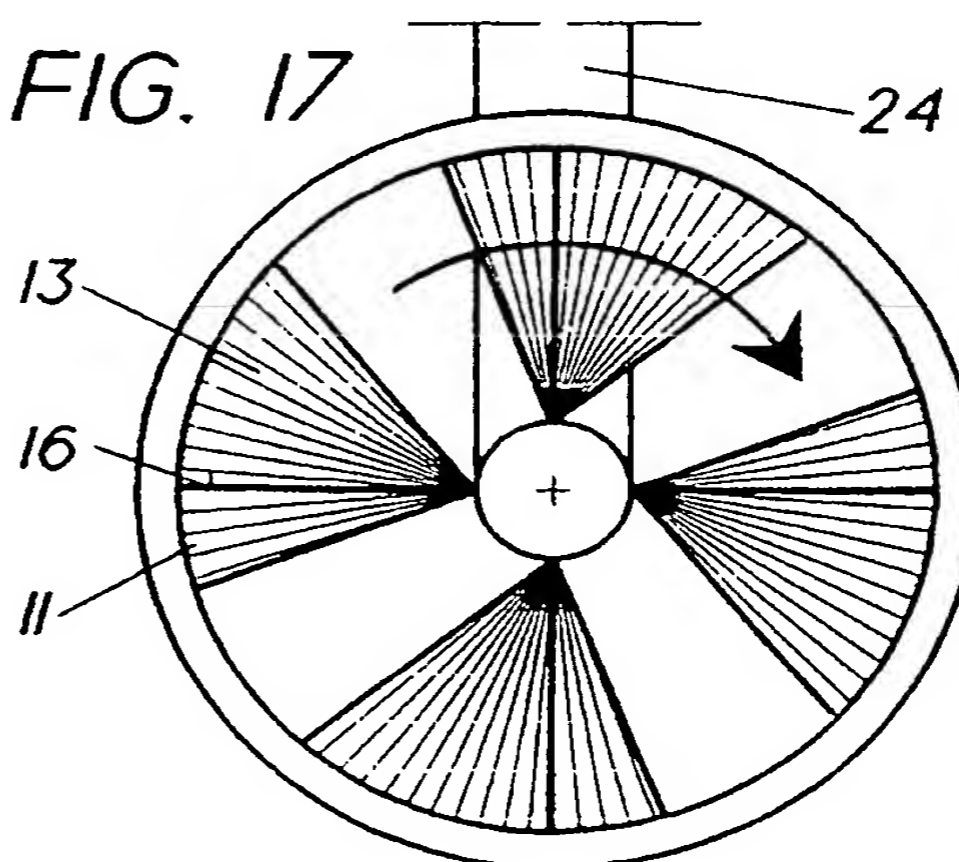


FIG. 15a

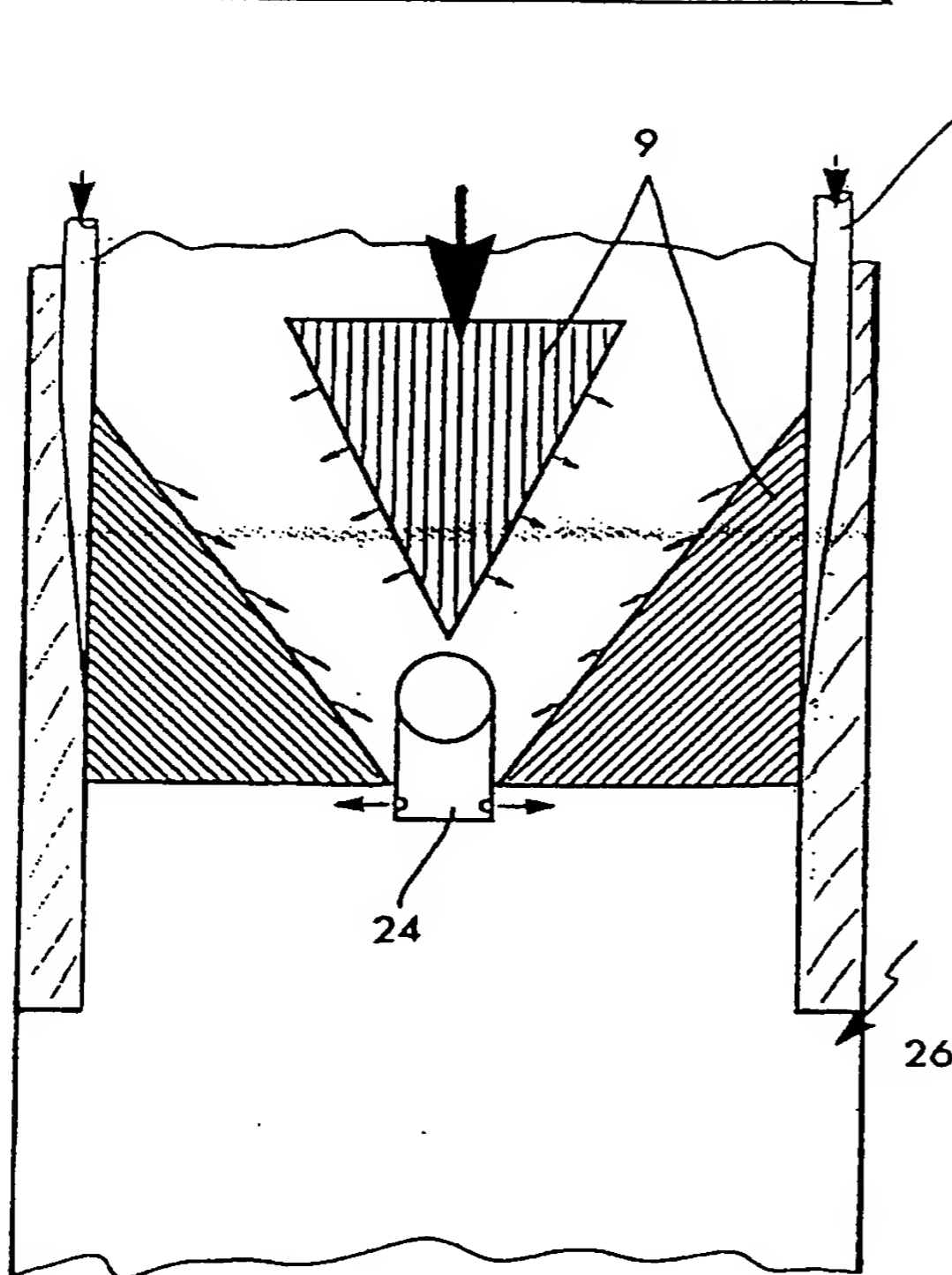
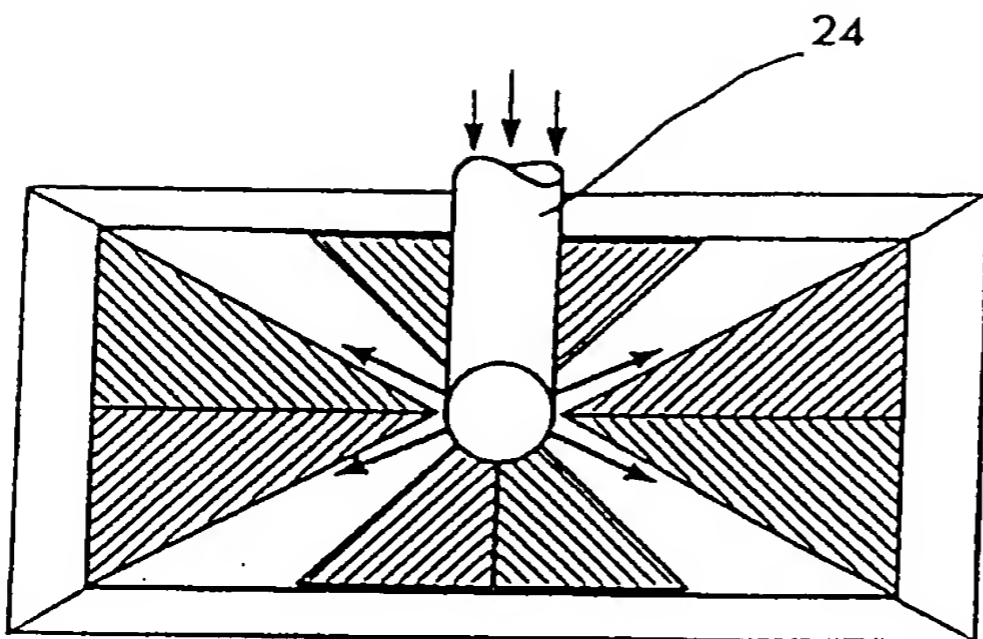


FIG. 15b

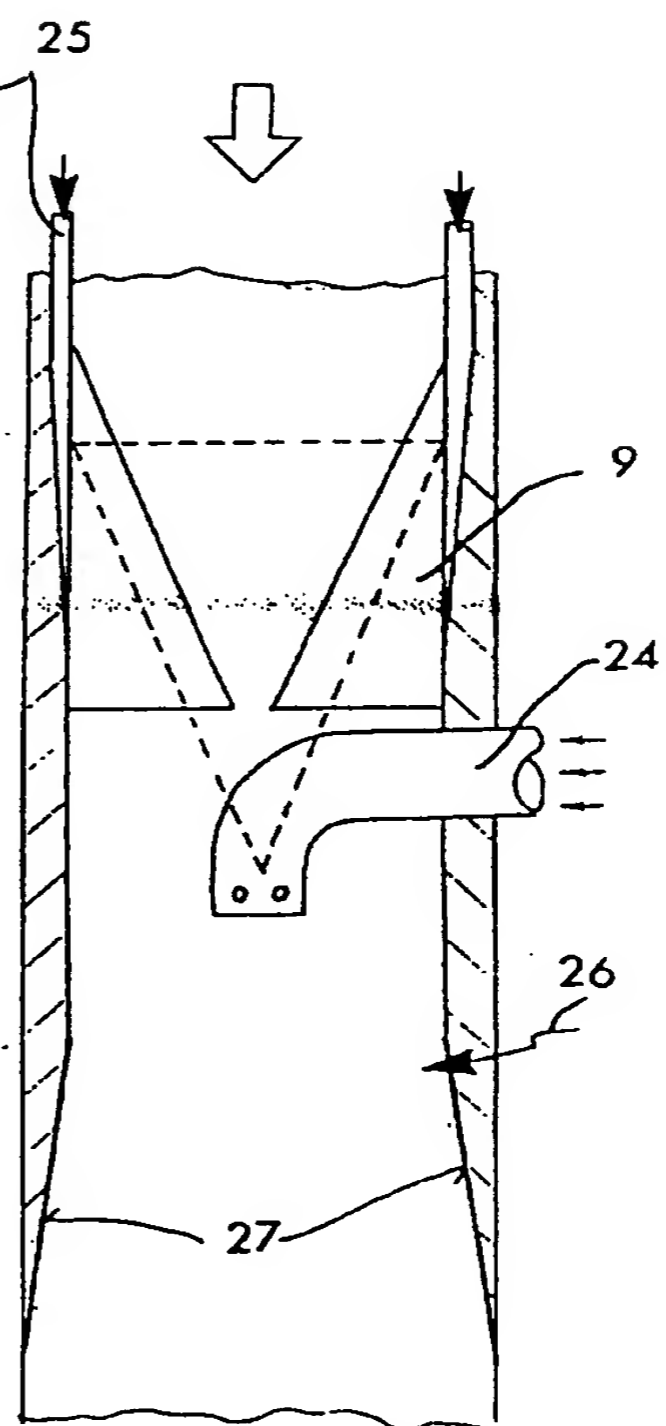


FIG. 15c



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 94 10 3551

| DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | | |
|---|---|--|--|
| Category | Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages | Relevant to claim | CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.5) |
| X | US-A-3 974 646 (MARKOWSKI) | 1,2,10,11,13,18,22 | F23R3/20 F15D1/00 |
| Y | * column 3, line 32 - column 4, line 3; figure 1 * * column 4, line 65 - column 5, line 32; figures 5,6 * | 2,4,6-8 | |
| Y | --- DE-A-35 34 268 (DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VERSUCHSANSTALT FÜR LUFT UND RAUMFAHRT) * abstract * * column 6, line 23 - line 39; figure 2 * | 2,4,6-8 | |
| A | --- DE-A-35 20 772 (INTERATOM GMBH) * the whole document * | 1,5 | |
| | | | TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.5) |
| | | | F23R F15D |
| The present search report has been drawn up for all claims | | | |
| Place of search THE HAGUE | | Date of completion of the search 16 June 1994 | Examiner Christensen, J |
| CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application I : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document | | | |